

PERENCANAAN PERKUATAN PERLINTASAN KERETA API SEBIDANG DENGAN MENGGUNAKAN PLAT BETON BERTULANG

Dicky Arisikam¹⁾, Heru Kuswanto²⁾, Muhammad Arifudin³⁾, Bhakti Pramadita⁴⁾

^{1) 2) 3)}Direktorat Prasarana, PT. Kereta Api Indonesia (Persero)

⁴⁾Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Siliwangi

Email : dicky.arisikam@kai.id¹⁾, heru.kuswanto@kai.id²⁾, muhammad.arifudin@kai.id³⁾, pramaditabhakti@gmail.com⁴⁾

Abstrak

Perlindungan kereta api merupakan persilangan antara jalur kereta api dengan jalan raya pengguna kendaraan bermotor. Berdasarkan data dan laporan lapangan pada perlindungan kereta api dengan jalan raya sering ditemukan kerusakan pada lapisan aspal (*Surface Coarse*). Penyebab kerusakan aspal tersebut terjadi karena adanya pergeseran antara kerikil balas dibawah permukaan aspal. Dimana lapisan aspal seharusnya berada pada perkerasan tanah atau pondasi yang padat, sehingga umur dari permukaan aspal akan lebih tahan lama. Maka untuk mengatasi permasalahan tersebut dilakukan penelitian perbandingan perencanaan perkuatan perlindungan menggunakan plat beton bertulang dan menggunakan rel kereta api bekas. Pada desain plat beton bertulang digunakan plat berukuran 3x0,6 meter tebal 7 cm dengan mutu beton K-225 (18,68 Mpa) mampu menahan beban gandar kereta api sebesar 18 ton. Pembebanan pada rel kereta api bekas digunakan beban kendaraan bermuatan besar yaitu beban truk sebesar 10 ton.

Kata Kunci : *Perlindungan, kerusakan aspal, plat beton bertulang, rel kereta api*

Abstract

A railroad crossing is a cross between a railroad track and a motorized highway. Based on data and field reports at railroad crossings with highways, it is often found that damage to the asphalt layer (*Surface Coarse*). The cause of asphalt damage occurs due to a shift between the ballast gravel under the asphalt surface. Where the asphalt layer should be on a solid pavement or foundation, so that the life of the asphalt surface will be more durable. So to overcome these problems, a comparative study was conducted on the planning

of retrofitting of the crossing using reinforced concrete slabs and using used railroad tracks. In the design of the reinforced concrete slab, a plate measuring 3x0.6 meters thick 7 cm with a concrete quality of K-225 (18.68 Mpa) is used which can withstand a train axle load of 18 tons. The load on the used railroad tracks is used by large-loaded vehicles, namely truck loads of 10 tons.

Keywords: *Crossing, asphalt damage, reinforced concrete slab, railroads*

I. PENDAHULUAN

Jalur perlindungan kereta api terdiri dari perlindungan tak sebidang atau satu jalur dan perlindungan sebidang atau biasa orang sebut sebagai jalur ganda. Perlindungan tak sebidang adalah persilangan antara jalur kereta api dengan jalan raya Perlindungan sebidang bisa dikatakan juga seperti persilangan antara jalur kereta api dengan jalan raya, yaitu di atas tanah.

Berdasarkan data dan laporan lapangan pada perlindungan sebidang yaitu perlindungan jalur kereta api dengan jalan raya sering ditemukannya kerusakan pada lapisan aspal (*Surface Coarse*). Jika dibiarkan terlalu lama, kerusakan pada lapisan aspal akan semakin membesar dan terjadi kubangan air di saat hujan, tentu ini bisa membahayakan keselamatan bagi para pengendara bermotor yang melintas, dan juga bisa menjadi penyebab gejrotan pada jalur rel kereta api karena terkikisnya batuan balas.

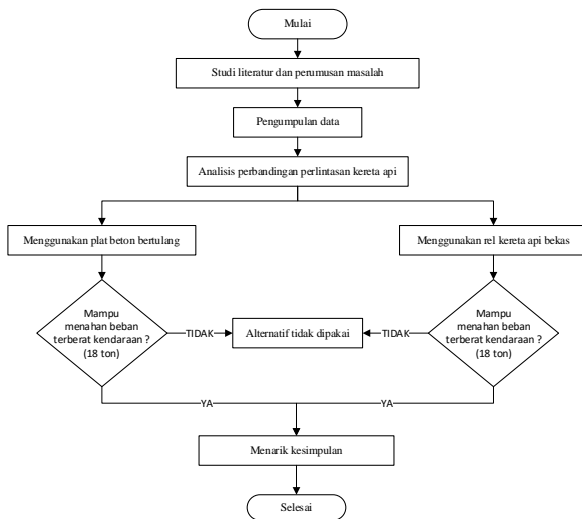
Jika dilihat secara langsung, penyebab kerusakan aspal di jalur perlindungan kereta api dengan jalan raya yaitu permukaan aspal berada langsung menempel pada permukaan atas balas kereta api tanpa adanya pondasi terlebih dahulu. Balas merupakan suatu lapisan batuan kerikil yang

berfungsi untuk menyalurkan beban kereta api ke tanah. Pada saat kereta api melintas di atasnya maka akan terjadi suatu pergerakan antar kerikil balas dan terjadi pergeseran, dimana pada permasalahan ini balas merupakan pondasi utama pada lapisan aspal di atasnya. Hal ini lah yang menjadi penyebab utama kerusakan pada lapisan aspal. Umumnya lapisan aspal harus berada pada perkerasan tanah atau pondasi yang padat, sehingga umur dari permukaan aspal akan lebih tahan lama.

Perencanaan plat beton bertulang menjadi salah satu solusi untuk mengatasi kerusakan pada lapisan aspal di area perlintasan kereta api, yang diharapkan memberikan umur rencana yang lebih lama sehingga dapat meminimalisir kebutuhan anggaran untuk perbaikan perlintasan tersebut.

II. METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini bertujuan untuk menghitung kekuatan permukaan aspal pada jalur perlintasan kereta api menggunakan plat beton bertulang. Untuk beban yang digunakan pada perlintasan di ambil beban terbesar antara kereta api dan beban kendaraan yang melintas, beban yang diambil yaitu beban gandar terpusat kereta api sebesar 18 ton sesuai dengan kelas jalan I.



Gambar 1 Alir Diagram Penelitian

III. ANALISIS DAN PERANCANGAN

Data Perencanaan Plat Beton Bertulang :

Berat jenis beton bertulang : 24 kN/m³

Berat rel R.54 : 0,532 kN/m

Rencana dimensi pelat : P 3 m x L 0,6 m

Tebal pelat (h) : 70 mm

Panjang pelat (b) : 600 mm

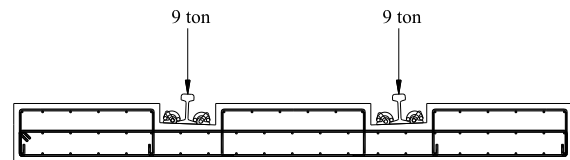
Selimut beton (ts) : 20 mm

Mutu beton (F'c) : K-225 (18,68 MPa)

Mutu Baja (Fy) : 380 Mpa

Diameter tulangan : Ø8 mm

Perhitungan Pembebanan Plat



Gambar 2 Pembebanan

Beban Mati (qDL) :

$$\text{Pelat beton (7cm)} = 0,07 \times 24 = 1,68 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Bantalan} = 0,12 \times 24 = 2,880 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Balas} = 0,1 \times 18 = 1,8 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Rel R.54} = 0,532 \times 4 = 2,132 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Total berat beban mati} = 8,492 \text{ kN/m}^2$$

Beban Hidup (qLL) :

$$\text{Beban kereta 2 gandar} = 18 \times 1,2 = 21,6 \text{ ton}$$

$$= 21600 \text{ kg/m}^1$$

$$= 21600 / (\text{luas plat})$$

$$= 21600 / (0,6 \times 3)$$

$$\text{Total berat beban hidup} = 120 \text{ kN/m}^2$$

Beban Kombinasi

$$Qud = 1,2 \times DL + 1,6 \times LL$$

$$= (1,2 \times 8,492) + (1,6 \times 120) = 202,189 \text{ kN/m}^2$$

Karena pada perletakan pelat akibat beban terbagi rata tidak ada tumpuan yang bekerja dan langsung terletak diatas tanah maka pada beban kombinasi dibagi 2, menjadi **101,094 kN/m²**

Perhitungan Momen Plat

Lx : 0,6 meter

L_y : 3 meter

$$\frac{L_y}{L_x} = \frac{3}{0,6} = 5 \rightarrow \text{pelat 2 arah}$$

Berdasarkan Grafik dan Tabel Perhitungan Beton Bertulang (Kusuma, G.H. dan Vis, C.W., 1993), diperoleh :

Gambar 3 Grafik dan Tabel Perhitungan Beton Bertulang

X_1 : 125; X_2 : 25

$$M_{lx} = 0,001 \times Q_{ud} \times I_x^2 \times X_1$$

$$= 0,001 \times 101,094 \times 0,6^2 \times 125 = 4,549 \text{ kNm}$$

$$M_{ly} = 0,001 \times Q_{ud} \times I_y^2 \times X_2$$

$$= 0,001 \times 101,094 \times 3^2 \times 25 = 0,91 \text{ kNm}$$

1. Momen Lapangan Arah X

$$M_{lx} = 4,549 \text{ kNm}$$

$$b = 1000 \text{ mm}$$

$$d = h - \text{selimut beton} = 70 - 20 = 50 \text{ mm}$$

Syarat penulangan untuk komponen lentur :

$$\rho_{\min} = 0,002 \rightarrow \text{untuk } f_y = 320 \text{ Mpa ke atas}$$

$$\beta_1 = 0,85 - 0,008(f_c' - 30)$$

$$= 0,85 - 0,008(18,68 - 30) = 0,941$$

$$\rho_b = \frac{0,85 f_c' \beta_1}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y}$$

$$= \frac{0,85 f_c' \times 0,941}{f_y} \times \frac{600}{600 + 380} = 0,02174$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \times \rho_b = 0,75 \times 0,02174 = 0,01630$$

$$R_n \text{ Perlu} = \frac{M_{lx}}{\phi b x d^2} = \frac{4,55}{0,8 \times 1000 \times 50^2}$$

$$= 2,274636 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho_{\text{Perlu}} = \frac{0,85 f_c' \beta_1}{f_y} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2x R_n}{0,85 f_c' \beta_1}} \right)$$

$$= \frac{0,85 \times 18,68}{380} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 2,274636}{0,85 \times 18,68}} \right)$$

$$= 0,00649$$

$\rho_{\min} = 0,002 > \rho_{\text{perlu}} = 0,00649 > \rho_{\max} = 0,01630$; karena $\rho_{\text{perlu}} > \rho_{\min}$, maka digunakan $\rho_{\text{perlu}} = 0,00649$

Luas Tulangan :

$$A_s \text{ perlu} = \rho_{\text{perlu}} \times b \times d = 0,00649 \times 1000 \times 50$$

$$= 324,502 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ min} = \rho_{\min} \times b \times d = 0,002 \times 1000 \times 50$$

$$= 100 \text{ mm}^2$$

karena $A_s \text{ perlu} > A_s \text{ min}$, maka digunakan nilai yang terbesar, yaitu :

$$A_s \text{ perlu} = 324,502 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan P8-150, maka :

$$S_{\text{Ada}} = \frac{1/4 \pi \times \phi^2 \times 1000}{\text{jarak}} = \frac{1/4 \pi \times 8^2 \times 1000}{150}$$

$$= 335,103 \text{ mm}^2$$

Check :

$$A_s \text{ Ada} = 335,103 \text{ mm} > A_s \text{ perlu } 324,502 \text{ mm} (\text{Oke})$$

2. Momen Lapangan Arah Y

$$M_{ly} = 0,91 \text{ kNm}$$

$$b = 1000 \text{ mm}$$

$$d = h - \text{selimut beton} = 70 - 20 = 50 \text{ mm}$$

Syarat penulangan untuk komponen lentur :

$$\rho_{\min} = 0,002 \rightarrow \text{untuk } f_y = 320 \text{ Mpa ke atas}$$

$$\beta_1 = 0,85 - 0,008(f_c' - 30)$$

$$= 0,85 - 0,008(18,68 - 30) = 0,941$$

$$\rho_b = \frac{0,85 f_c' \beta_1}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y}$$

$$= \frac{0,85 f_c' \times 0,941}{f_y} \times \frac{600}{600 + 380} = 0,02174$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \times \rho_b = 0,75 \times 0,02174 = 0,01630$$

$$R_n \text{ Perlu} = \frac{M_{ly}}{\phi b x d^2} = \frac{0,91}{0,8 \times 1000 \times 50^2}$$

$$= 0,454927 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho_{\text{Perlu}} = \frac{0,85 f_c' \beta_1}{f_y} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2x R_n}{0,85 f_c' \beta_1}} \right)$$

$$= \frac{0,85 \times 18,68}{380} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 0,454927}{0,85 \times 18,68}} \right)$$

$$= 0,00121$$

$\rho_{\min} = 0,002 < \rho_{\text{perlu}} = 0,001 > \rho_{\max} = 0,01630$; karena $\rho_{\text{perlu}} < \rho_{\min}$, maka digunakan $\rho_{\text{perlu}} = 0,002$

Luas Tulangan :

$$A_s \text{ perlu} = \rho_{\text{perlu}} \times b \times d = 0,002 \times 1000 \times 50$$

$$= 184,2105263 \text{ mm}^2$$

karena $A_s \text{ perlu} = A_s \text{ min}$, maka diambil :

$$A_s \text{ perlu} = 184,2105263 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan P8-150, maka :

$$S_{\text{Ada}} = \frac{1/4 \times \pi \times \phi^2 \times 1000}{\text{jarak}} = \frac{1/4 \times \pi \times 8^2 \times 1000}{150}$$

$$= 335,103 \text{ mm}^2$$

Check :

$A_s \text{ Ada} = 335,103 \text{ mm} > A_s \text{ perlu } 184,2105263 \text{ mm}$ (Oke)

3. Kontrol Tulangan Geser

$$W_u = 1,2 \times QDL + 1,6 \times QLL$$

$$= (1,2 \cdot 8,492) + (1,6 \cdot 120)$$

$$= 101,0949441 \text{ kN/m}^2$$

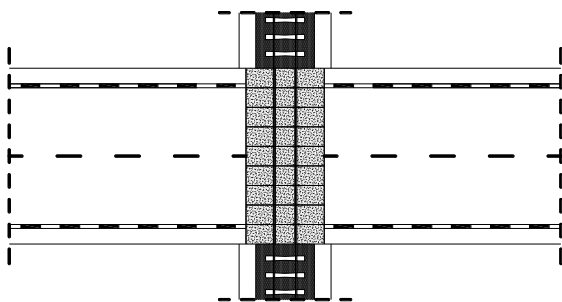
$$V_u = 0,5 \times W_u \times L_x = 0,5 \times 101,0949441 \times 0,6$$

$$= 30,32848322 \text{ kN}$$

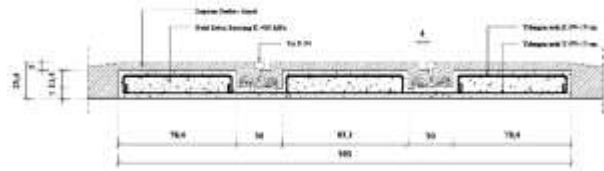
$$V_c = \frac{1}{6} \times \sqrt{f_c'} \times b \times d = \frac{1}{6} \times \sqrt{18,68} \times 1000 \times 50$$

$$= 36,01215073 \text{ kN}$$

$$V_u = 76,15 \text{ kN} < V_c = 173,158 \text{ kN}$$
 (Oke)



Gambar 4 Denah Existing Desain Perkerasan Perlintasan Menggunakan Plat Beton Bertulang



Gambar 5 Detail Penulangan Pada Plat Beton Bertulang



Gambar 6 Perspektif Perkuatan Perlintasan Menggunakan Plat Beton Bertulang

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan, perkuatan perlintasan menggunakan plat beton bertulang dapat disimpulkan sebagai berikut :

Perkuatan perlintasan kereta api dengan menggunakan plat beton bertulang dimensi plat 3x0,6 meter tebal 7 cm menggunakan mutu beton K-225 (18,68 Mpa) mampu menahan beban maksimum yaitu beban kereta api sebesar 18 ton. Tulangan yang dipakai Ø8 mm jarak 15 cm.

REFERENSI

- PT. Kereta api indonesia. (2020). Laporan Tahunan dan Laporan Triwulan. https://www.kai.id/static/annual-report/annual_report_2020.pdf
- PT. Kereta api indonesia. (2021). Sejarah Perkeretaapian. https://kai.id/corporate/about_kai/ (diakses 9 September 2021).

-
- SNI 03–2847–2002. 2002. Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Bertulang Bangunan Gedung, Panitia Teknik Standarisasi Bidang Konstruksi dan Bangunan Gedung, Bandung.
- W.C. Vis, Gideon Kusuma, 1993, Dasar-Dasar Perencanaan Beton Bertulang, Erlangga, Jakarta.
- W.C. Vis, Gideon Kusuma, 1993, Grafik dan Tabel Perhitungan Beton Bertulang, Erlangga, Jakarta